



ATR-GG推進剤供給系の検討（室蘭工業大学航空宇宙機システム研究センター年次報告書 2015）

著者	林 祐一郎，佐々木 アスカ，今井 良二，中田 大將，東野 和幸
雑誌名	室蘭工業大学航空宇宙機システム研究センター年次報告書
巻	2015
ページ	15-19
発行年	2016-09
URL	http://hdl.handle.net/10258/00009156

○林 祐一郎（航空宇宙総合工学コース 博士前期2年）

佐々木 アスカ（航空宇宙システム工学コース 学部4年）

今井 良二（航空宇宙システム工学ユニット 教授）

中田 大将（航空宇宙機システム研究センター 助教）

東野 和幸（航空宇宙機システム研究センター 教授）

1. はじめに

室蘭工業大学航空宇宙機システム研究センター(APReC)では、小型無人超音速実験機オオワシⅡの研究・開発を通じて次世代クリーン宇宙輸送システムの革新的基盤技術の確立を目指している。なお、本機にはバイオエタノール(BE)/液体酸素(LOX)を組み合わせた推進システム使用が検討されている。また、本機体はオオワシ1号機と比較して機体、タンクも大型化している。その結果、推進剤供給システムの中で、タンク重量の増大とBEへの耐腐食性、タンク内の液体揺動(スロッシング)、ガス巻き込みが課題となる。タンクの軽量化のため、炭素繊維強化プラスチック(CFRP)を用い、BEの腐食防止のため、タンク内面にとニッケルメッキを施す。さらに、スロッシングの抑制方法として、タンク内部に薄板等を設置することを検討している。

本研究では推進剤供給システム開発の一環として、昨年度までに複合材タンクの構造解析、数値流体力学(CFD)によるタンク内液体スロッシング挙動の解析を実施してきた。これに引き続き本報では、(1)高速軌道を利用した高加速度環境下スロッシング特性試験、(2)タンク製造方法の検討につき報告する。

2. スロッシング特性試験[1][2]

2-1. 試験概要、試験装置

本試験では、航空宇宙機システム研究センター白老実験場の100 m高速軌道実験装置を利用した加速度環境下でのタンク内スロッシング挙動の観察を行った。今回の試験では、実験装置を搭載したスレッドがジェットエンジンにより約0.2 Gの加速度で数秒間加速され、水制動ブレーキによって約1.5 Gの減速を受ける。

図2-1に高速軌道実験装置に搭載した走行台車を示す。台車は図に示すように三つのスレッドで構成され、進行方向前から試験タンクを搭載したタンクスレッド・エンジンスレッド・制動スレッドと呼称することにする。図2-2にタンクスレッド内部の各機器の搭載状況を示す。モデルタンク内の液体挙動は、二方向からビデオカメラに収録した。

図2-3に試験タンクを示す。試験タンクは実機タンクの1/4スケールとし、内直径50 mm、全長175 mm、材質は透明アクリル樹脂とした。スロッシング抑制機構である内部デバイスとして、タンクの中心軸上に設置した円棒に、複数枚の円板（直径48 mm、肉厚2 mm）を取り付けた構造とした。円板とタンク内面の間には1 mmの円環状隙間を有し、ここを液体が通過できる。試験液体には、水を食紅で赤色に着色した液を用い、液量をタンク内体積の20 %、50 %、80 %とした。

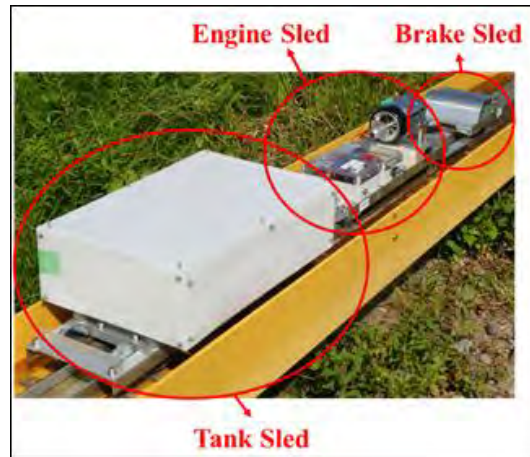


図 2 - 1 走行台車

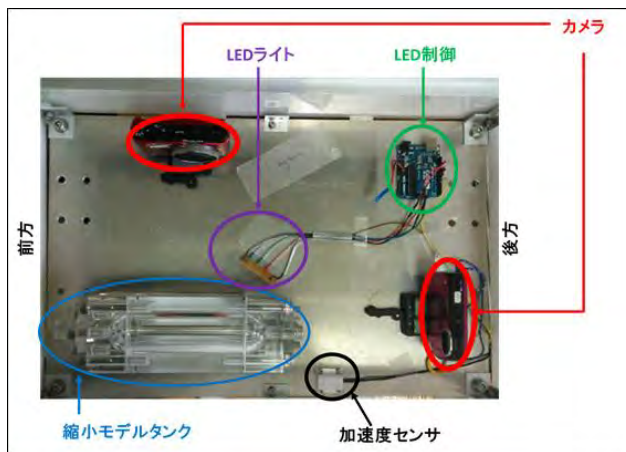


図 2 - 2 タンクスレッド内機器搭載状況

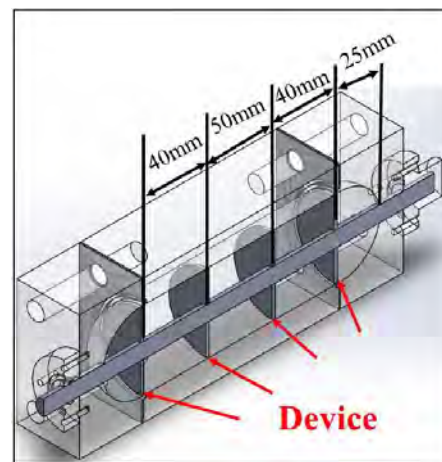


図 2 - 3 試験等タンクおよび内部デバイス

2-2. 試験結果

図 2 - 4 に走行台車加速時におけるタンク内液体挙動を示す. この際, 軸方向紙面左方向に $0.2G$ の加速度が作用した. 走行開始から 0.5 sec 後では, いずれの液位でも内部デバイスによって仕切られた各区画での液体が保持されていることが確認できる. しかしながら 1.0 sec 後には, 液は内部デバイスとタンク内壁間の隙間を流通し内部デバイスが無い場合と同様の液体形状となっている. 上記より, 内部デバイスは軸方向加速度に対する液移動を抑制する作用を有することが示された.



走行開始 0.5 sec 後



走行開始 1.0 sec 後

(a) 液体積：タンク体積比 20 %



走行開始 0.5 sec 後



走行開始 1.0 sec 後

(b) 液体積：タンク体積比 50 %

図 2 - 4 走行台車加速時におけるタンク内液体挙動

図 2 - 5 に制動時におけるタンク内液体挙動を示す。この場合、2.0 G の加速度がタンク中心軸上紙面右側に作用した。例えば液排出口をタンクの中心下部に設置した場合、内部デバイス無しの場合にガスが露出する場合でも、内部デバイスによる液移動の抑制効果により、ガス巻き込みが抑制されることが分かる。

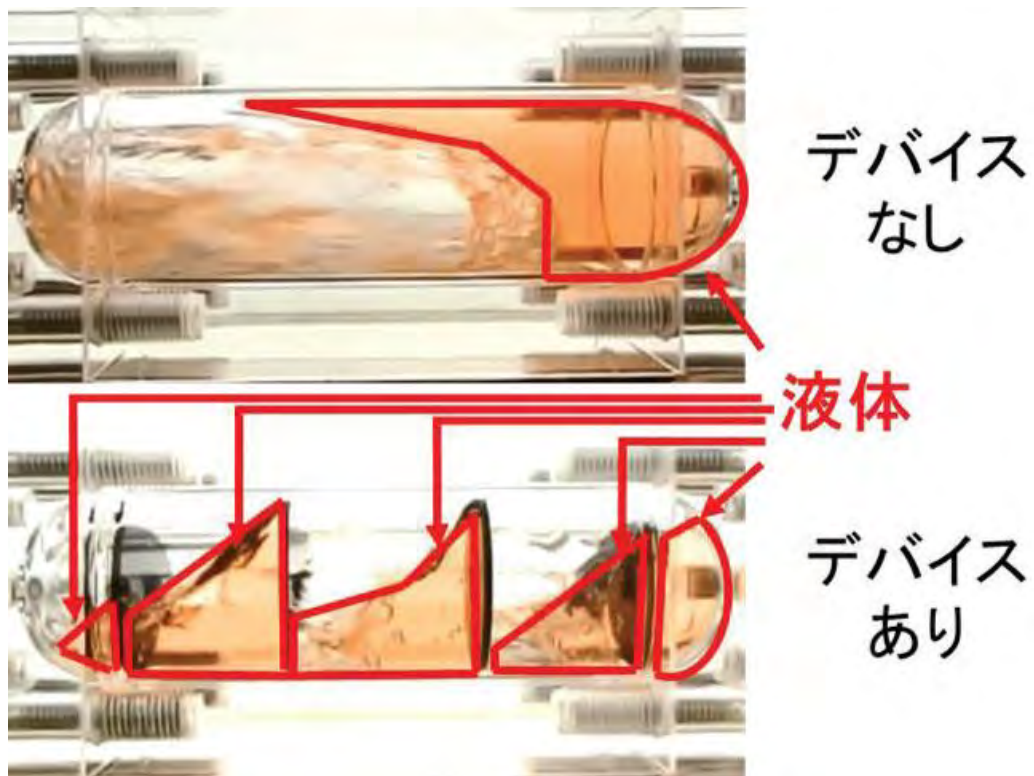


図 2－5 走行台車制動時におけるタンク内液体挙動 液体積：タンク体積比 50 %

3. 複合材タンク製造法の検討[2]

Ni メッキライナーを有した複合材タンクの製造検討を行った。ただし、これまで薄膜 Ni メッキライナー有した複合材タンクの製造行った事例はないため、今回はリスクとコストを考慮し、側胴部の長さを実サイズの 3 割の長さにて行った。図 2－6 に製造実証用タンクの概要を示す。

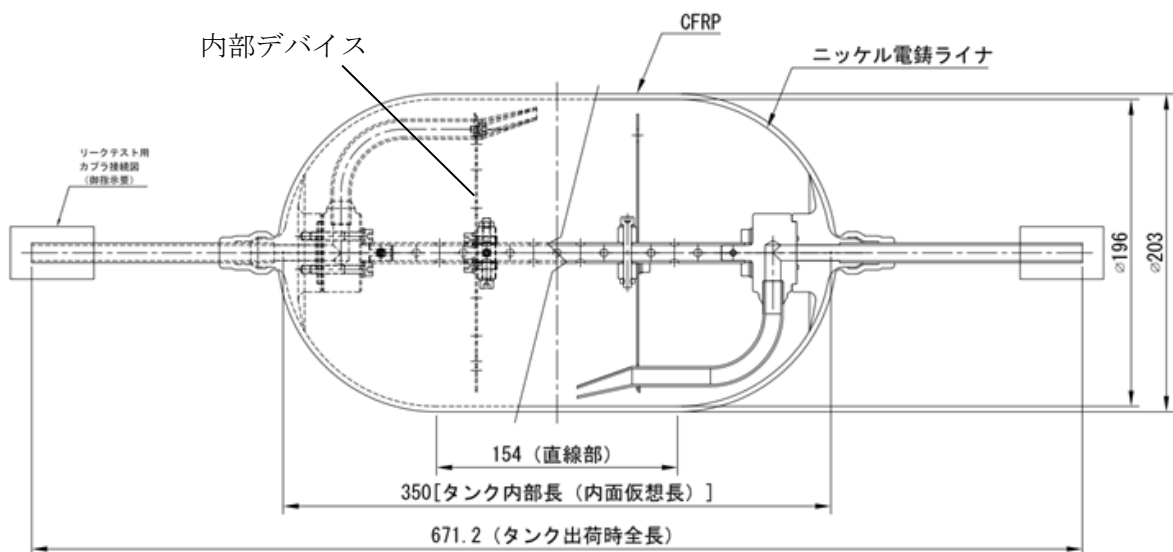
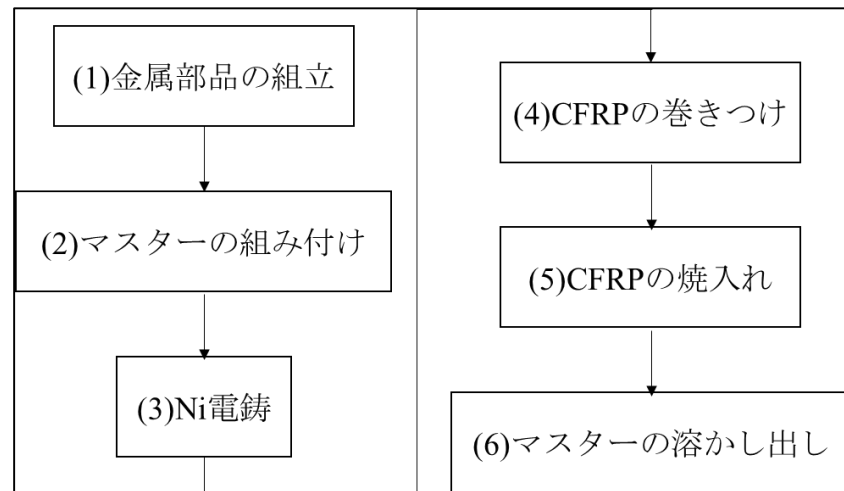
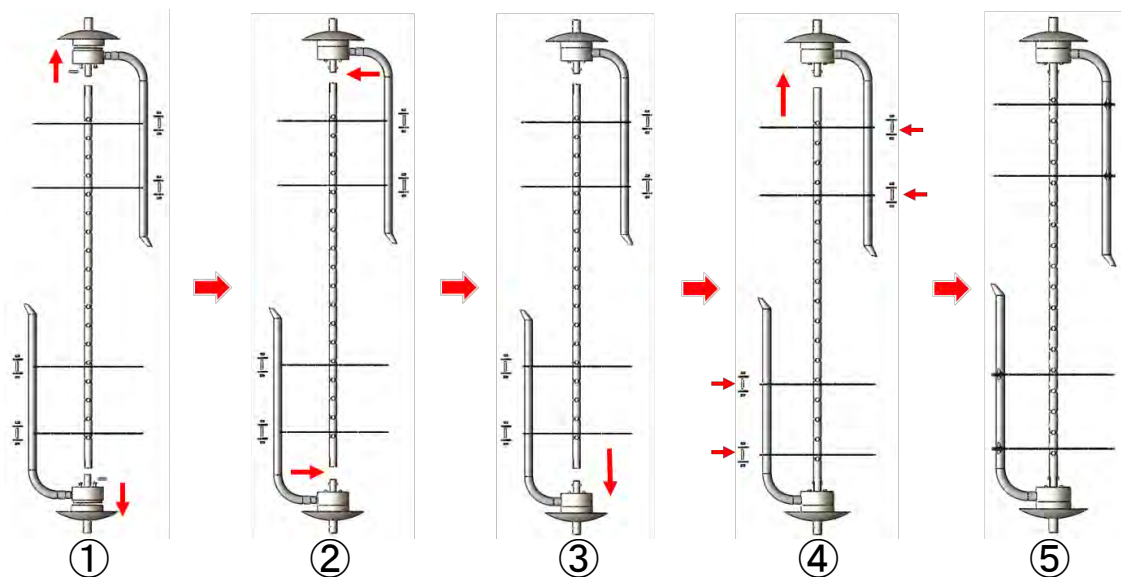


図 2－6 製造実証用タンクの概要

図 2-7 に複合材タンクの製造工程を示す。まず金属部品（材質 SUS）を図 2-7 (b) に示す要領で組み立て、金属部品周囲に硬質発泡スチロールを組み付ける。その後マスターに Ni 電鍍を施し CFRP を巻き付け、焼き入れ後、苛性ソーダによりマスターを溶かし出す。本内部デバイスを有する複合材タンクの製造実証は、次年度に実施する予定である。



(a) 製造工程



(b) 金属部品組立方法

図 2-7 製造実証用タンクの概要

参考文献

- [1] 林祐一郎, 今井良二, 中田大将, 東野 和幸(室蘭工業大学): 小型無人超音速機の推進剤安定供給に関する検討, 第 59 回宇宙科学技術連合講演会, 1B05, 鹿児島, (2015.10.7-9).
- [2] 林祐一郎, 佐々木アスカ, 中田大将, 今井良二, 東野和幸, 大河内誠, 石橋利幸, 小型無人超音速機の推進剤安定供給に関する実験及び検討, 日本航空宇宙学会北部支部 2016 年講演会ならびに第 17 回再使用型宇宙推進系シンポジウム, 北大, 2016 年 3 月 9 日~10 日.